



## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- ОПК-3. Способен использовать вычислительные методы и адаптировать существующие программные продукты для решения задач профессиональной деятельности;

- ПК-3. Способен к решению профессиональных производственных задач.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

- ИОПК-3.1. Использует современные IT-технологии при сборе, анализе и представлении информации химического профиля;

- ИОПК-3.2. Использует стандартные и оригинальные программные продукты, при необходимости адаптируя их для решения задач профессиональной деятельности;

- ИОПК-3.3. Использует современные вычислительные методы для обработки данных химического эксперимента, моделирования свойств веществ (материалов) и процессов с их участием;

- ИПК-3.1. Анализирует имеющиеся нормативные документы по системам стандартизации, разработки и производству химической продукции и предлагает технические средства для решения поставленных задач;

- ИПК-3.2. Производит оценку применимости стандартных и/или предложенных в результате НИР технологических решений на применимость с учетом специфики изучаемых процессов.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

Освоить углубленное понимание принципов использования современных CAE-систем применительно к механике жидкости и газа;

Освоить эффективные приемы работы с программным комплексом ANSYS CFX;

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к факультативным дисциплинам, предлагается обучающимся на выбор.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 3, зачет.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Дисциплина «Инженерный анализ в ANSYS» является логическим продолжением в цепи дисциплин по направлению «химия». Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: химическая технология; основы системного анализа и моделирование технологических процессов; актуальные задачи современной химии 2; основы проектирования химических и нефтехимических производств;

Параллельно должны изучаться следующие дисциплины: инженерный анализ в системе конечно-элементного анализа ANSYS

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 з.е., 36 часов, из которых:

- лекции: 12 ч.;
  - практические занятия: 20 ч.;
  - в том числе практическая подготовка: 20 ч.
- Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

Тема 1. Механики жидкости и газа (МЖГ):

Основные уравнения движения жидкости и газа, граничные условия применительно к турбулентным течениям и теплообмену.

Тема 2. Моделирования турбулентных течений применительно к различным типам задач.

Математические уравнения, описывающие эффекты турбулентности. Модели турбулентности, применяемые в расчетах различных задач.

Тема 3. Построение расчетных сеток для задач МЖГ с учетом турбулентности и теплообмена с использованием оболочки ANSYS Workbench

Тема 4. Моделирование сопряженного теплообмена жидкость/твердое тело в рамках турбулентной постановки движения жидкости/ газа.

Построение домена для твердого тела. Задание параметров передачи тепла в твердотельной области. Организация расчета с учетом поверхности раздела жидкость/твердое тело.

Тема 5. Механика жидкости и газа (МЖГ):

Основные уравнения движения жидкости и газа, граничные условия применительно многофазным многокомпонентным средам. Лагранжев и эйлеров подход моделирования многофазных сред

Тема 6. Учет химических реакций при разработке модели

Моделирование движения жидкости и газа в случае наличия химических реакций между компонентами. Многофазные реакции.

Тема 7. Практическая работа – решение практических задач, сравнение решения с аналитическим или полученным иным способом:

- моделирование химических реакций/ массообменных процессов различными способами в рамках однофазной среды

- моделирование химических реакций/ массообменных процессов в рамках многофазного подхода к описанию движения среды

Тема 8. Использование подвижных сеток для решения задач

Решение задач с учетом деформации сетки. Основные предположения, приводящие к деформации расчетной области. Задание параметров движения узлов расчетной сетки

Тема 9. Практическая работа – решение практических задач, связанных с применением подвижных и деформируемых сеток

- моделирование работы запирающего устройства шарового типа или «бабочка»
- моделирование расчета устройств с перестроением сетки для получения более качественного решения

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости лекций и практических занятий, проведения занятий с презентациями студентов по индивидуальному заданию и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

**Зачет в третьем семестре** проводится в устной форме в виде ответа на билет.

Билет состоит из двух теоретических вопросов, проверяющих освоение компетенций ОПК 3, ПК 3. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Объяснить различия ламинарного и турбулентного течения жидкости. Методы определения режима течения жидкости.

2. Каковы основные механизмы возникновения турбулентности в потоке?

3. Какие значения для числа Рейнольдса соответствуют переходу к турбулентному режиму течения в сжимаемой и несжимаемой жидкости? Расчетные формулы.

4. Какие основные модели турбулентности вы знаете? Различия и примеры применения.

5. В чем заключаются принципы расчета турбулентных потоков без привлечения моделей турбулентности?

6. Ограничения по использованию моделей турбулентности в различных задачах.

7. В чем заключается принцип задания граничных условий в условиях сопряженного теплообмена?

8. В чем заключаются особенности построения деформируемых расчетных сеток для решения задач МЖГ?

9. Как бы вы описали принцип решения задач с учетом сильных деформаций сеток.

Результаты ответа определяются оценками «зачтено» или «не зачтено». Также суммируются результаты работы студента в семестре.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если даны полные и правильные ответы на все вопросы; содержание ответа изложено логично и последовательно; существенные фактические ошибки отсутствуют; ответ соответствует нормам русского литературного языка. Студент должен дать исчерпывающие и правильные ответы на уточняющие и дополнительные вопросы экзаменатора по теме вопросов билета. Допускаются небольшие ошибки и погрешности, не имеющие принципиального характера. Задания в семестре должны быть выполнены в полном объеме.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он не дал ответа на большинство вопросов при защите индивидуального задания; дал неверные, содержащие фактические ошибки, ответы на все вопросы; не смог ответить более, чем на половину дополнительных и уточняющих вопросов преподавателя и студентов. «Не зачтено» выставляется студенту, отказавшемуся отвечать на вопросы преподавателя и студентов. Задания в семестре не выполнены или выполнены не в полном объеме.

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

б) Список индивидуальных заданий по дисциплине.

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

- Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкости Т.1. – М.МИР, 1991. – 502 с.

- Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкости Т.2. – М.МИР, 1991. – 552 с.

- Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М., 1950. – 640 с.

- Зенкевич О. Fluid dynamics Theory, Computation, and Numerical Simulation. / Пер. с англ. – М. : Мир, 1975. – 536 с.

- Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. Пер. с англ. - М. : Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.

- Методы расчета турбулентных течений: Пер. с англ. / Под ред. В. Кольмана. – М. : Мир, 1984. – 464 с.

- Белоцерковский О. М., Опарин А. М., Чечеткин В. М. Турбулентность: новые подходы. – М.: Наука, 2003. – 286 с.

- Уилкоккс Д. К. Уточнение уравнения для масштаба турбулентности в перспективных моделях турбулентности. // Аэрокосмическая техника, 1989, №11, с. 30-46.

- Уилкоккс Д. К. Многомасштабная модель турбулентности // Аэрокосмическая техника, 1989, №11, с.47-60.

б) дополнительная литература:

- ANSYS Advantage. №11 Энергетическое машиностроение. Изд-во: ЗАО «ЕМТ Р» 2009, 47с

- ANSYS Advantage. № 8 Аэрокосмическая отрасль. Изд-во: ЗАО «ЕМТ Р» 2008, 47с

- Versteeg Н.К., Malalasekera W. An introduction to computational fluid dynamics. The finite volume method. Longman Scientific & Technical. Essex, England. 1995. 257pp.

в) ресурсы сети Интернет:

<http://elibrary.ru>

<https://login.webofknowledge.com/>

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

- программный комплекс вычислительной гидродинамики ANSYS CFX;

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### **14. Материально-техническое обеспечение**

Лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, слайдов и компьютерной анимации.

Аудитория для выполнения практических занятий, оснащенная мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, слайдов и компьютерной анимации, а также персональными компьютерами с установленным пакетом MS Office (MS Word, MS Excel, MS Visio), программным комплексом вычислительной гидродинамики ANSYS CFX и доступом в интернет для выполнения практических заданий.

### **15. Информация о разработчиках**

1. Бутов Владимир Григорьевич, д-р. физ-мат. наук, с.т. научн. сотр, зав. отделом НИИПММ ТГУ;

2. Солоненко Виктор Александрович, канд. физ-мат. наук, зав лаб. НИИПММ ТГУ;

3. Ящук Алексей Александрович, канд. физ-мат. наук, ст. научн. сотр. НИИПММ  
ТГУ.